无
线
电

无线电

RADIO MAGAZINE

2009年第1期　总第556期

www.radio.com.cn

邮发代号：2-75　国外代号:M106

将数字示波器DIY进行到底

做个数字示波器难吗？

神形合一，让你的示波器动起来！

2008年音响DIY交流会专题报道

制作一款三分频高保真土炮音箱

单颗LED大功率手电筒的制作

做一个有趣的触摸屏鼠标

ICOM IC-7000功能细说

德生S-2000无线电接收机评测

2009年1月号

定价10元

无线电第1期封面.indd 1　2008.12.19 2:36:10 PM

无线电

RADIO MAGAZINE

主管：中华人民共和国工业和信息化部
主办：人民邮电出版社
出版：人民邮电出版社
编辑：《无线电》编辑部

编辑部
主编：黄彤
执行主编：房桦
编辑：尹飞　邓晨
设计：周桂红
电话：67132837
电子邮件：radio@radio.com.cn
地址：北京市崇文区夕照寺街14号A座
邮政编码：100061

市场部
广告经理：孙凡
电话：67129302 67129313（兼传真）
市场经理：黄会君
电话：67129325（兼传真）

发行部
总经理：任瑾玺
经理：张金普　郭莉莎　王颖
电话：67164806 67161471 67133910（传真）

邮购部
电话：67134361

刊号：ISSN 0512-4174
CN 11-1639/TN
邮发代号：2-75
国外代号：M106
广告经营许可证：京崇工商广字0021号

国内总发行：北京市报刊发行局
订阅处：全国各地邮局
国外总发行：中国国际图书贸易总公司（北京399信箱）
印刷厂：北京新华印刷厂

国内定价：10元
出版日期：每月1日出版

本刊如有印装差错，请寄回编辑部调换。

版　权　声　明

1. 本刊办有网站，本刊内容可能在网站上同时刊登，本刊可能出电子版及合订本、汇编本等。

2. 本刊一次性寄发给作者的稿酬，已含其作品作以上使用的稿酬。

3. 作者向本刊投稿的同时，应授权本刊可以依法维护其著作权等权利。

4. 未经本刊书面同意，不得以任何形式转载、使用本刊所刊登的文章和图片以及附加光盘的内容。

5. 向本刊投稿的作者，均应同意以上条件，如不同意请在来稿中特别注明，本刊将作适当处理。

6. 本刊中出现的各类网站（主页）、网址（链接）在出版前已经编辑审查无误，但由于因特网变化快、规模大，并有超级链接等特点，如果这些网站（主页）今后出现非法内容（链接），读者一经发现请立即通知本刊并向有关部门举报。

CONTENTS 目次

01　卷首语　黄彤

音频应用

04　一款三分频高保真土炮音箱的设计与制作　okra

“土炮”这个词是20世纪90年代初流行的，那时发烧音响的热潮正席卷全国。发着“烧”的人们，手头宽裕一些的就购买进口货，即所谓“洋枪”，动手能力强或资金有点紧的就自己制作，也就是所谓的“土炮”（现在叫DIY音响设备）。

09　迷你型胆石机制作5670+LM1875　晴风雨

12　用TDA1554Q搭焊小型功放　沙伟航

13　用普通MF万用表快速筛选配对晶体管　吴润照

14　2008年广州音响DIY交流会专题报道　本刊记者　邓晨

广播爱好者

18　德生S-2000收音机的电路简析（一）　红色电波

22　巅峰的高度——德生S-2000准专业级收音机评测　黄平

从外观上看，S-2000是德生旗舰HAM-2000的迷你版，但在实际对比中，两部收音机的接收效果各有千秋。S-2000价格只是当年HAM-2000价格的1/3，所以说S-2000是性价比更高的小旗舰。

26　巧用收音机作MP3扩音器　孙永峰

火腿通信

27　ICOM IC-7000功能细说　杨法（BD4AAF）

火腿操作入门

32　手台使用进阶必备　方明（BA6AA）

天线制作十二款之一

35　一个小时可以做成的UHF波段天线　刘和平（BD1HP）

37　图解手机火腿铃声DIY　阮东升（BA6QH）

测试测量

本期实验室支持：西北工业大学沣河校区大学生科技创新实验室

数字示波器DIY专题

39　因有一只鞍而买一匹马　魏坤

41　做个数字示波器难吗？——系统综述　魏坤

44　电路才是“硬”道理——硬件电路简述　魏坤

52　给你的电路注入灵魂——程序设计　魏坤

58　神形合一，让你的示波器动起来！——制作调试篇　魏坤

示波器使用三板斧（三）

65　——测量MP3、MP4、MP5篇　黄勇　葛中海

目录.indd 2　2008.12.19 1:07:19 PM

玩转单片机

69　试玩PIC12F675单片机手记　吴红奎

73　做一个有趣的触摸屏鼠标　张科　谢丽华

笔者前些日子被科幻电影中人们在大屏幕前通过拖拽、指点的方式操作计算机的镜头深深吸引，从而琢磨着自己也DIY一个类似的系统：给笔记本电脑添加触摸屏功能，通过手指在屏幕上的指点动作操作鼠标。

77　精确把握DS18B20读写时序，延长连接距离　莫秋元

实用电路制作

80　为电动车铅酸电池充电器加个智能定时插座　李胜

82　简单有效的LED照明驱动电路　董永军　徐明奇　张雪明

84　单颗LED大功率手电筒的制作　吴晓燕

单颗LED大功率手电筒是以单颗发光二极管作为光源的一种新型照明工具，它具有省电、耐用、亮度强等优点。本人自制了一款单颗LED大功率手电筒，成本只有几十元，且使用效果很不错。

维修帮手

86　学修电磁多功能泡茶炉　林芝松

一位朋友抱来了一台电磁泡茶炉说：“泡茶炉罢工了，看看是啥毛病。”我先前很少摆弄电磁炉，心中无数，抱着学习和试试的心态，答应了朋友的要求，于是踏上了学修电磁炉的旅程。

92　非接触式IC卡的维修　施红武

93　问与答

初学者园地

电子制作必备技能（一）

94　焊接其实并不难　张晓东

97　简单实用的熔断器监测电路　茅凌云

零起步学无线电收发

98　从矿石收音机认识谐振　门宏

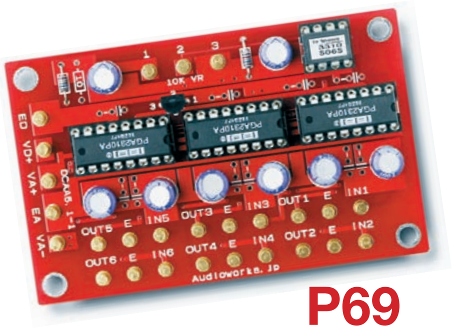
34　如何订阅2009年《无线电》杂志　发行部

51　2008年《无线电》合订本已经出版　发行部

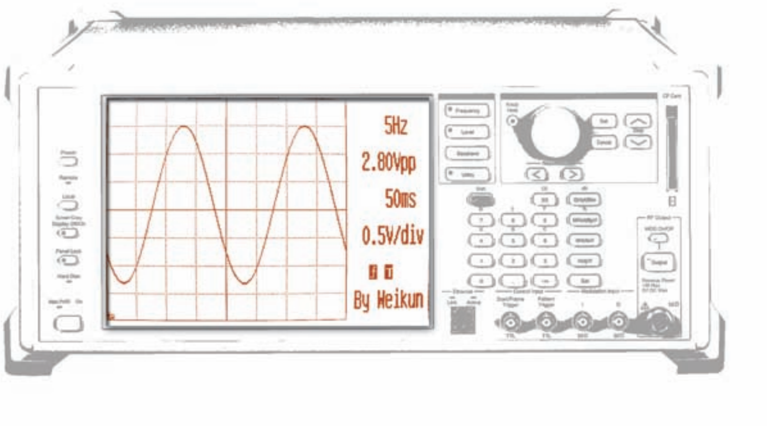
104　诚聘2009年度《无线电》杂志通讯员　编辑部

P04

P27

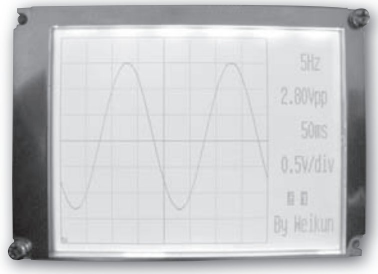


P69



P39

数字示波器DIY专题



本期专题为读者介绍一款迷你数字示波器，它采用3.8英寸液晶屏显示波形，加以改造即可做成便携式的示波表，它虽然身材小巧，但是功能不少，既是一个实用的测试工具，又是一套可扩展的实验板，通过它可以显示正弦波、三角波、方波等各种信号波形，测量频率、电压峰峰值等，还可以了解点阵液晶显示器的驱动方法，练习单片机和高速AD转换器的应用等，实乃电子爱好者工作、学习之良伴。

读者看到题目会是什么反应呢？“示波器也能DIY？”，是会被一大堆电路吓倒，一扭头就翻过去？还是会被液晶屏上闪动的波形所吸引而感到好奇？为什么不直接买一个而要DIY呢？这个由1块液晶屏再加5块电路板组成的“散包”数字示波器有什么用呢？

一件事的发生有其原因，有时我们清楚地知道，有时比较模糊，好的理由可以让我们坚持到底，获得成功。为此编者特意询问作者为什么要做数字示波器，然而得到的回答是“我不是为了做一个示波器”，想知道是怎么回事吗？接着往下看吧。

因有一只鞍而买一匹马

曾有一位贵妇人问电的发现者法拉弟：“电有什么用？”法拉弟反问道：“新生的婴儿有什么用呢？”

◎魏坤

九月，一个新学期的开始，课很少。

我是一个闲不住的人，这样的日子很难熬，想去电子市场逛逛，但学校离市区有三十多公里路，终于无聊到周末了。

和平常一样，逛电子市场都是这儿看看那儿看看，碰着没见过的还喜欢问问，多年的习惯改不掉的……

一家柜台上摆着“低价处理LCD模块”的牌子，对于像我这样的穷学生来说，价格往往是考虑的主要因素。我径直走了过去，老板说这些低价屏都是全新的，只是没有资料，所以只能低价处理，于是我就贪了个小便宜花30块钱买了一块128×64分辨率的点阵屏。喜欢贪小便宜的人最后往往都是要吃亏的，最后我真“吃亏”了，就因为这个屏，害得我花了近300块买了一块320×240的屏。

回到学校后就上网找它的资料，功夫不负有心人，我找着了。从资料中得知这块液晶显示器是不带字库的，这让我有些小失望，但一想只花了30块钱也就没事了。根据资料编写了程序让它显示了一些简单的图形，但让它显示图形或字符都得将所要显示的东西做成点阵数据存放在数组里才行，太浪费单片机里少得可怜的资源了！没有字库的点阵屏就是鸡肋！

正徘徊在“食之无味，弃之可惜”的时候，突然灵光一现，何不用它来显示一些实时的图形呢？显示什么呀？亮着的示波器给了我灵感，那就让它显示波形吧！正好我用的AVR单片机带有AD转换器，说干就干，忙活了一下午，晚上的时候波形就显示出来了。这不就是一个最基本的数字示波器吗？图1和图2就是当时的“珍贵照片”，因为那块电路在以后的试验中已经被我拆了。这两张照片是我买了LCD屏的第二天晚上照的。

第一步的成功，坚定了我做数字示波器的信念。人总是有追求的，所以我要完善它！其实这无异于“因有一只鞍而买一匹马”，但那并不总是坏的。

接下来的一个星期中我有事做了……

第二个周末，我拿出了我半个月的生活费，花三百多块买了一块320×240的液晶显示屏和两片TLC5510，开始了我自制数字示波器的征程。

以前从没有想过要制作一台数字示波器，所以对数字示波器的了解也仅停留在基本原理和功能上，更深入的东西几乎是一片空白。但是我相信电类的知识，只要你下功夫就没有学不来的，于是我开始到处找资料，但不管是图书馆还是互联网，几乎找不着一个现成的电路或实例可供

(p039-p068)测试测量.indd 39 2008.12.19 1:12:23 PM

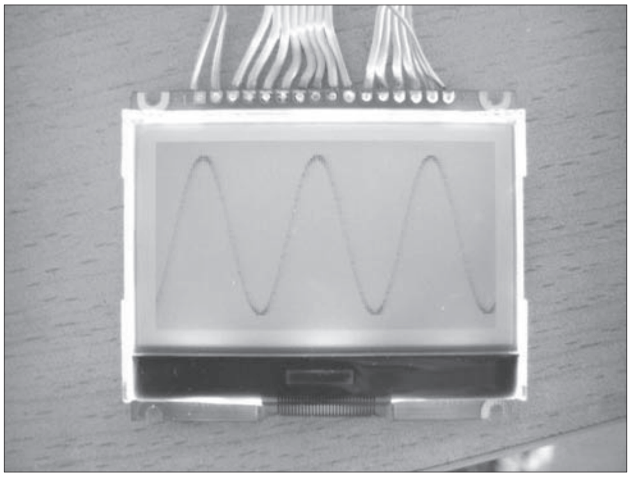


图1 测量1000Hz的正弦波

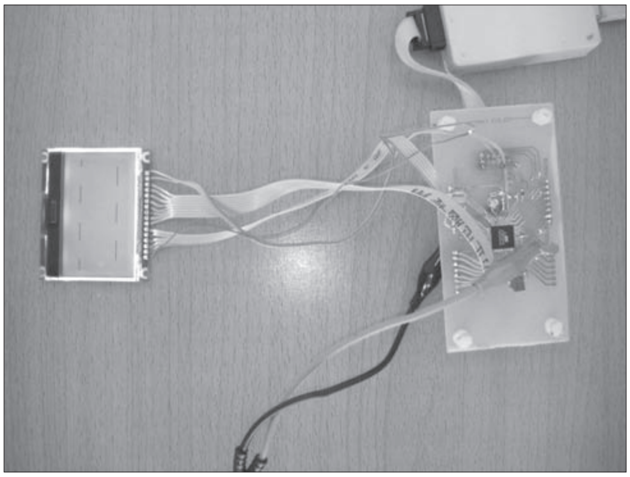


图2 最初的“数字示波器”

参考，这种情况下只能自力更生，按自己的理解画出框图，一步一步地实验。

刚开始时因为用的是AVR单片机中的ADC，最快的转换速率为40kHz（不要求达到10位精度），所以勉强能测到两三千赫兹，这样的性能我当然不满意！于是就用外置的高速ADC，这时TLC5510就派上用场了，它的最高转换速率为20MS/s，为了达到高速采样我给它提供20MHz的时钟信号，8位并行数据直接送入单片机，问题出来了，单片机太慢了，来不及读数据。通过查阅资料我了解到对高速数据的缓冲可以使用FIFO存储器（first in first out，先进先出存储器），这是我第一次接触FIFO存储器。第三个周末，我花了40块钱买了一片4KB容量的FIFO存储器IDT7204，直到现在这个示波器还是用的这片存储器。FIFO的使用解决了单片机来不及读数据的问题，但剩下问题还有很多：如何控制扫速、如何控制灵敏度、如何控制触发……

太多的“如何”让我好几个晚上不知如何睡好觉，但也正是这些“如何”给了我解决掉这些“如何”的动力……我喜欢挑战自己。换方案，试验，调试，再换方案，再实验，再调试……最终一个个“如何”被我解决掉了，兴奋又使我好几个晚上不知如何入眠。这就跟一个国家的内战一样，不管谁输谁赢受伤的总是这个国家，但却推动了历史的进步。我就是在发现问题和解决问题中进步的，虽然受了点伤……试验期间我得到了《无线电》杂志社尹飞编辑的鼎立帮助，非常感谢他在精神以及物质上对我的支持！

最终我将这个数字示波器做出来了，也实现了我起初的要求，能较好地测量到5MHz，这样的性能与专业的示波器相比也许差了些，但用于音频电路和一般的电子制作调试中，性能还是能够满足要求的，不足500元的成本我觉得是很实用的，特别是对像我这样的穷学生电子爱好者。

谁对自制数字示波器有兴趣？

想体验一下兴奋到失眠的感觉？

跟我来吧，我们一同体验这种兴奋的感觉！

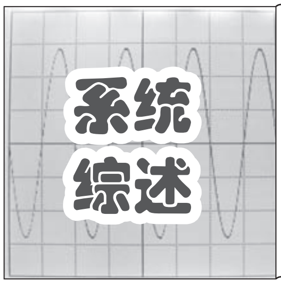
作者简介

我叫魏坤，一名在校大学生，平时没太多的业余爱好，就是喜欢玩儿电。小学四年级拥有第一把烙铁，五年级拥有第一块万用表……

同学问我怎么能将一个爱好坚持十年？我回答：我十年前就知道电机为何会转，但现在仍觉得很神奇！不管是放大器、发射机、无线话筒都做过，甚至电子管都玩儿过，上了大学学了单片机更是如鱼得水，51/AVR虽不是高手但也略懂，最近正在玩儿ARM、FPGA，感觉学新东西真的很过瘾。

这个数字示波器是我在本学期利用业余时间做的，水平有限。希望能与广大爱好者一同探讨学习，有兴趣的朋友可以和我联系：kunnnsd@126.com。

(p039-p068)测试测量.indd 40 2008.12.19 1:12:26 PM



做个数字示波器难吗?

◎魏坤

随着电子技术的发展和电路结构的变化，对电路测量的要求也变得更高，在电子制作中会发现对很多参数的测量已不是一块万用表所能胜任的了，比如单片机某I/O口的输出波形或制作放大器测其频率响应等等，所以示波器自然而然地和万用表一样变成了电子工程师和爱好者的必备工具。然而示波器动辄几千上万甚至数万元的价格不是每个人都能接受的，如果你是一名电子爱好者或者和我一样是一名电子专业的大学生，何不发挥自己的聪明才智自己制作一台够用的示波器，不仅省钱，更可以享受DIY带来的独特乐趣！

下面就示波器的基本原理简要介绍一下，再就数字示波器与模拟示波器做一个简要的比较。

物理学理论可以证明，一端通过细绳固定的重物在作摆动时，与中心垂线的距离满足正弦波规律。沙漏实验可以清晰地显示这个随时间变化的波形：用沙漏充当重物，并且在沙漏底下的桌面上平铺一张纸，当沙漏开始摆动时，让纸匀速移动。这样，沙漏中流出的细沙，就在纸上留下了一个正弦波痕迹，如图1所示。利用这种设计思想，可以完成波形在平面上（对应于时间的流动）的展开。这种设计思想在波形记录、显示中被广泛采用，比如心电图机，就是用原地摆动的电热针，在匀速移动的记录纸带上描记出心电波形。

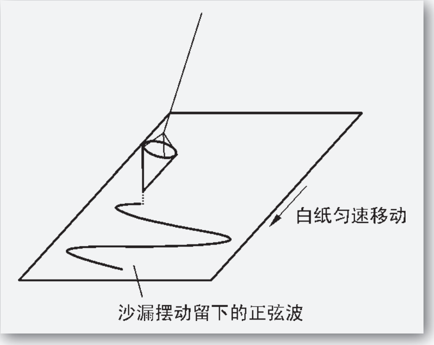


图1 沙漏摆动留下的正弦波

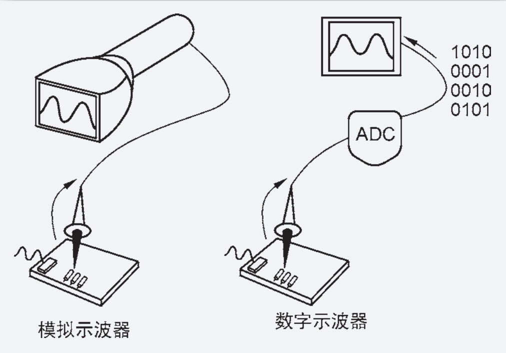


图2 模拟、数字示波器测量简图

利用心电图机的结构，虽可以记录电压信号，但是，示波器在大量的应用中，并不需要通过消耗纸张来记录波形，而仅仅是观察波形。因此，可以重复使用的CRT示波管被应用到示波器的设计中。模拟示波器把需观测的两个电信号加至示波管的X、Y 通道以控制电子束的偏移，从而获得荧光屏上关于这两个电信号关系的显示波形。这种模拟示波器体积大、重量重、成本高、价格贵，并且不太适合用于对非周期的、单次信号的测量。数字示波器首先对模拟信号进行高速采样获得相应的数字数据并存储。用数字信号处理技术对采样得到的数字信号进行相关处理与运算，从而获得所需的各种信号参数。根据得到的信号参数绘制信号波形，并可对被测信号进行实时的、瞬态的分析，以方便使用者了解信号质量，快速准确地进行故障的诊断。测量开始时，操作者可通过操作界面选定测量类型、测量参数及测量范围（可选自动设置，由仪器自动设置最佳范围）；微处理器自动将测量设置解释到采样电路，并启动数据采集；采集完成后，由微处理器对采样数据按测量设置进行处理，提取所需要的测量参数，并将结果送显示部件。

使用模拟示波器和数字示波器通常都能很好地观察简单重复性信号。但是两者都有其优点和局限性，如图2所示。对于模拟示波器来说，由于CRT的余辉时间很短，因而难于显示频率很低的信号。由于示波管上的扫描轨迹亮度和扫描速度成反比，所以具有快速上升、下降时间的低重复速率信号就很难看到。而数字示波器的扫描轨迹亮度和扫描速度与信号重复速率无关，故可以很好地反映出来。对于显示具有较高重复速率的重复性信号的快速上升、下降沿来说，数字存储示波器和模拟示波器的性

(p039-p068)测试测量.indd 41 2008.12.19 1:12:29 PM

能几乎没有什么区别，用两种示波器都能很好地观察信号波形。当要进行信号参量的测量时，数字存储示波器的优点在于具有自动测量各种参数的能力。而使用模拟示波器时，则必须自己设置光标、分析理解显示的波形才能得到测量的结果。但是如果要进行调整工作，那么一般最好使用模拟示波器。这是因为模拟示波器的实时显示能力使它在每时每刻都能显示出输入的电压。其波形更新速率（每秒钟在屏幕上描画扫描轨迹的次数）很高，所以信号的任何变化都会立即显示出来。与模拟示波器相反，数字示波器所显示的是用采集的波形数据重建的波形，所以其波形更新率远低于模拟示波器，结果在信号发生变化和变化了的信号在屏幕上显示出来之间就有了一定的时间延迟，这是数字示波器的重大缺点。

但是综合起来数字示波器还是有很大优势的。

自制示波器，做模拟示波器还是数字示波器？当然要做就做数字的！因为做数字示波器更简单，请往下看：

1. 模拟示波器需要与带宽相适应的CRT示波管，随着频率的提高，对CRT示波管的工艺要求严格，成本增加，存在技术瓶颈。所以在电子市场上不好买，性能好的大多数是进口品牌，其价格昂贵且需要处理的问题也多，比如要产生阳极高压、扫描锯齿波，还要对示波管进行电磁屏蔽等等，而且做出来体积很大，便携就更谈不上了。而数字示波器只需要与带宽相适应的高速A/D转换器，其他存储器和D/A转换器以及显示器都是较低速的部件，显示器可用LCD显示模块，在电子市场很容易买到，价格也不贵而且应用简单，只需考虑与微处理器的接口，体积小且功耗远小于CRT示波管。使用LCD显示模块做示波器，做成便携的很容易，做成示波表都没问题！当然LCD显示模块也有其不足之处，比如亮度和对比度不如CRT示波管，但综合考虑，LCD显示模块的优势还是比较明显的。

2. 模拟示波器是一个完全的硬件结构，做好之后很难进行功能升级，而数字示波器不同，在保证基本硬件后它的控制以及其他功能的实现都是由软件来实现的。这样升级就变得非常容易，你甚至可以把它当成一块开发板用来练习编程！做一个能当开发板用的示波器，你还犹豫吗？

基于以上两种原因，制作数字示波器当然是不二之选！

本文介绍的就是我制作的一台便携式数字示波器（如图3所示）。由于采用320×240分辨率的显示器，所以显示波形非常细致。图4～图11为该示波器测量不同频率信号时的实拍照片。

5Hz的信号用一般的模拟示波器测量，只能看到一个亮点在屏幕上游动，根本看不出完整的波形，而我做的这个示波器可以显示出完整的波形，在测量低频率信号时这是一个很

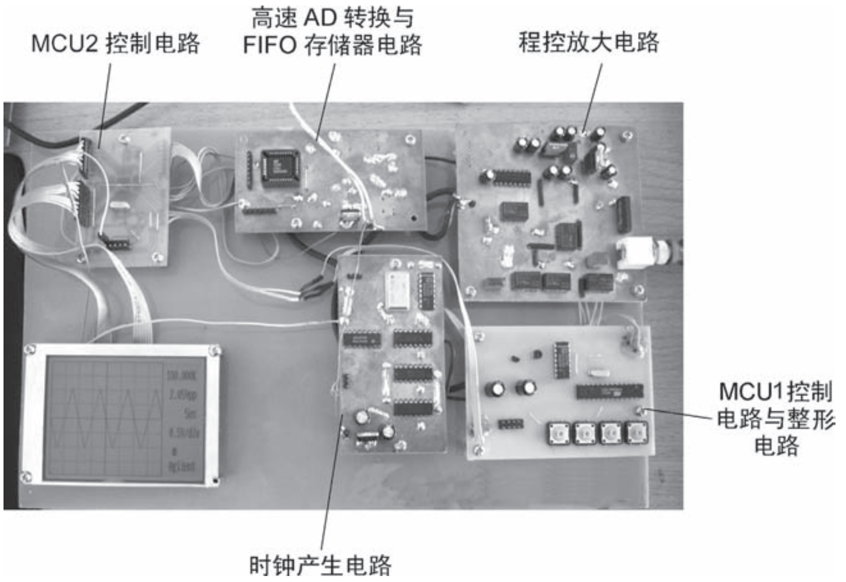


图3 整体照片

基本功能

1. 采样速率：600S/s、6kS/s、60kS/s、600kS/s、3MS/s、6MS/s、30MS/s、60MS/s。

2. 水平扫速：250 ns*、500ns、1μs、5μs、10μs、50μs、500μs、5ms、50ms。

（*注：250ns扫速挡的采样速率和500ns扫速挡一样是60MS/s，只是对采样到的数据进行线性插值处理，得到波形展宽的效果，相当于120MS/s的采样率。）

3. 垂直电压灵敏度：10mV/div，20mV/div，50mV/div，0.1V/div，0.2V/div，0.5V/div，1V/div，2V/div，5V/div。

4. 被测信号的各种参数屏幕显示，包括频率、电压峰峰值等，见实测照片。

(p039-p068)测试测量.indd 42 2008.12.19 1:12:32 PM

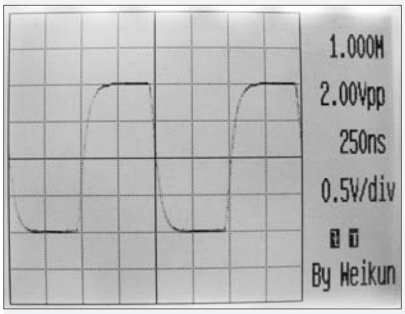


图4 测量1MHz方波

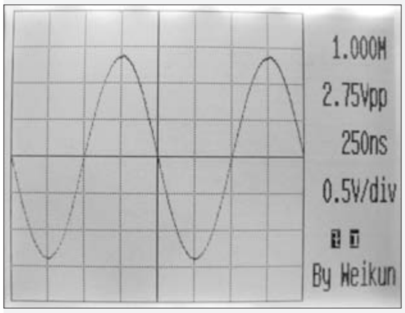


图5 测量1MHz正弦波

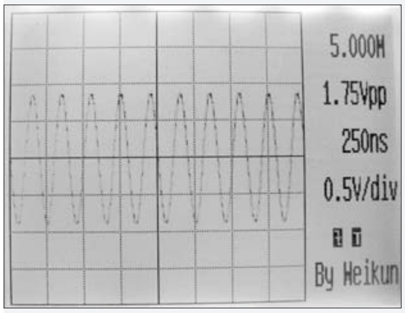


图6 测量5MHz正弦波

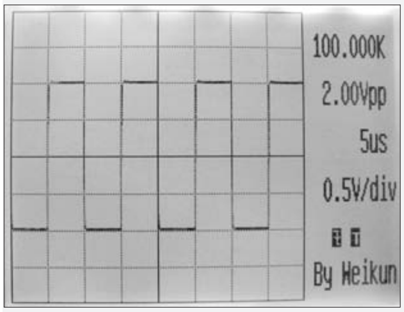


图7 测量100kHz方波

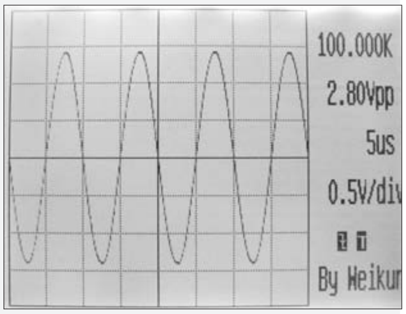


图8 测量100kHz正弦波

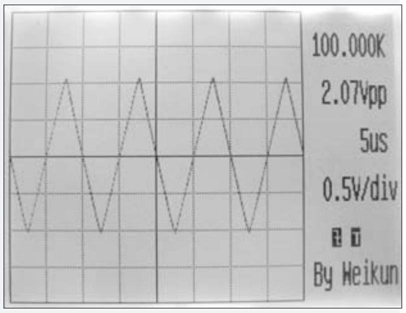


图9 测量100kHz三角波

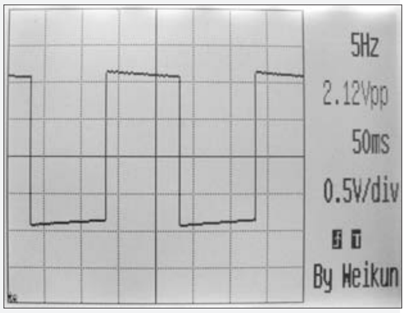


图10 测量5Hz方波

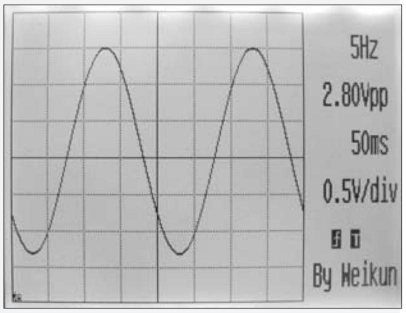


图11 测量5Hz正弦波

大的优势。

该示波器由6部分电路构成，分别是：

1. 输入程控放大（衰减）电路
2. 高速AD转换电路
3. FIFO存储电路
4. 显示控制电路
5. 时钟产生电路
6. 测频与控制电路

在这几部分中，最重要的是程控放大电路和AD转换电路，因为这两个电路是这个数字示波器的咽喉，程控放大电路决定了示波器的输入带宽和垂直分辨率，AD转换电路决定了示波器水平分辨率，这两个分辨率直接决定着示波器性能的优劣。这两部分电路将被测信号转换成后面的处理电路所需的数据信号，庆幸的是这几部分电路都可用高性能的集成电路加少量外围器件构成，电路设计简单，调试也很简单。整个示波器我觉得最难的应该是程序，也就是软件方面。软件承担着该示波器的所有数据处理和控制任务，包括AD采样控制、水平扫速控制、垂直灵敏度控制、显示处理、峰峰值测量、频率测量等任务。为了提高性能，这个示波器使用了两片单片机，分别用于显示和控制，所以程序的设计还要考虑两个单片机之间的通信问题，这些在文章的各章节都会有详细的描述和解释。

通过这个示波器的制作，你将会了解很多东西，比如如何用运算放大器设计组合放大电路、高速AD转换器的应用、FIFO存储器的应用、AVR单片机SPI总线接口协议以及高分辨率点阵液晶显示器的驱动等内容，这些内容对于别的电子设计也是非常有用的。

跟着我的文章走，你会发现制作一个数字示波器并不是很难！

(p039-p068)测试测量.indd 43 2008.12.19 1:12:34 PM

新

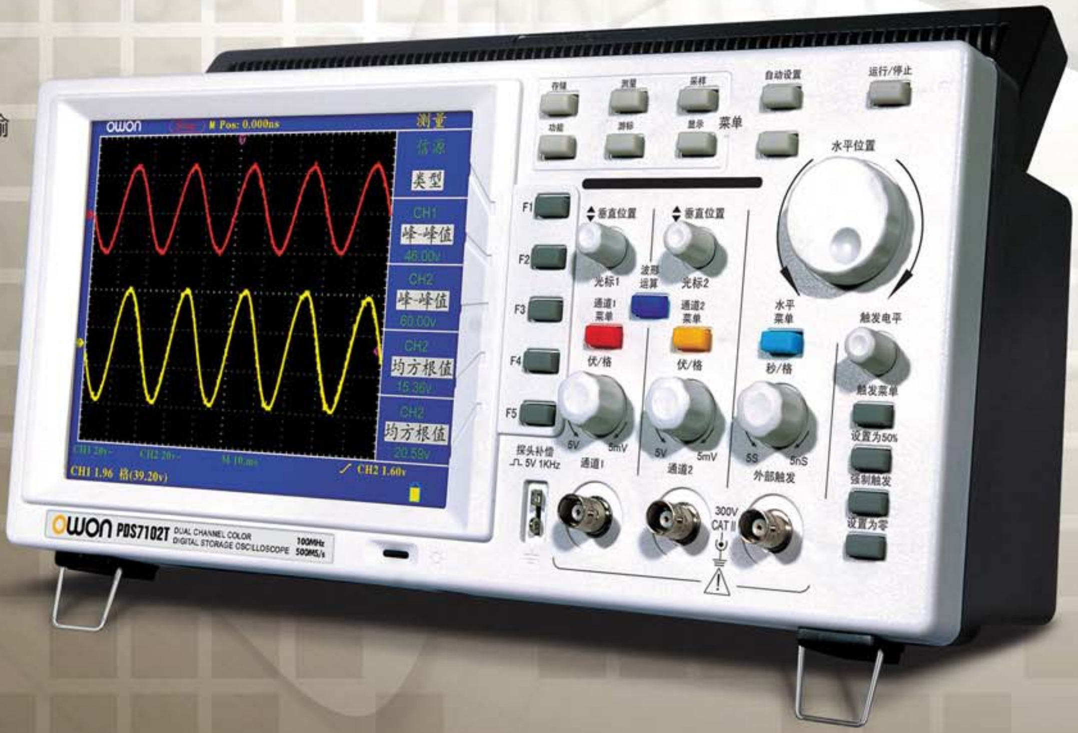
OWON®

合您所需 全能全时

PDS7062T
带宽50MHz　　实时采样率500MS/s(双通道)

PDS7102T
带宽100MHz　　实时采样率500MS/s(双通道)

特性：
8.0英寸超大彩色TFT液晶显示屏
2通道+外部触发功能
支持RS232或USB端口与电脑实时传输
可更换锂电池(可选)
高级触发功能：边沿触发、
视频触发、交替触发



HDS-N系列　　HDS系列

白黑可选方案

MSO系列

PDS、EDU系列

HDS-N/HDS系列
带宽：20MHz-60MHz
实时采样率：100MS/s-250MS/s
3.8英寸TFT液晶屏幕

MSO系列
带宽：25MHz-100MHz
实时采样率：100MS/s-1GS/s
7.8英寸STN或8.0英寸TFT液晶屏幕

EDU系列
带宽：25MHz-60MHz
实时采样率：100-250MS/s
7.8英寸STN液晶屏幕

PDS系列
带宽：60MHz-100MHz
实时采样率：250-500MS/s
8.0英寸TFT液晶屏幕

LILLIPUT® 厦门利利普科技有限公司　地址 厦门市珍珠湾软件园创新大厦B区5楼　**www.owon.com.cn**
电话 +86-592-2575666　传真 +86-592-2575669　E-mail sales@owon.com.cn